

氏 名 久保 毅幸

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1330 号

学位授与の日付 平成 22 年 3 月 24 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Phenomenological consequences in supersymmetric  
seesaw models

論文審査委員 主 査 教授 野尻 美保子  
教授 萩原 薫  
准教授 磯 暁  
准教授 橋本 省二  
准教授 久野 純治（東京大学）

## 論文内容の要旨

Supersymmetric (SUSY) models are excellent candidates for an extension of the standard model (SM) for several reasons. The quadratic divergent correction to the Higgs mass cancels between loop diagrams of SM particles and those of SUSY partners. In SUSY models with R-parity conservation, the lightest SUSY particle (LSP) plays a role of dark matter. In addition, the grand unification can be achieved unlike the SM. If heavy right-handed neutrinos or heavy SU(2) triplets are introduced into the minimal supersymmetric standard model (MSSM), i.e., type I and type II SUSY seesaw model, the existence and smallness of the neutrino masses can be explained naturally. Thus the SUSY seesaw models can explain many unsolved problems left in the SM and are the most celebrated candidate for physics beyond the SM. In this thesis, we study the type I and II SUSY seesaw models in terms of electric dipole moments and lepton flavor violating charged lepton decays. We also built models which are related to physics around seesaw scale:

1. Light Higgs boson scenario in the type I SUSY seesaw model

It is demonstrated that the light Higgs boson scenario, where the lightest Higgs mass is less than the LEP bound, is consistent with the SUSY seesaw model. With assumptions of the universal right-handed neutrino mass and the hierarchical mass spectrum of the ordinary neutrinos, the bounds for the right-handed neutrino mass are investigated in terms of lepton flavor violating charged lepton decays.

2. Lepton electric dipole moments in the type II SUSY seesaw model

The lepton electric dipole moments (EDMs) in the framework of the type II SUSY seesaw models have also been studied by Chun, Masiero, Rossi and Vempati (CMRV). The analysis of CMRV paid attention to effects of  $B_T$  term on the slepton  $A$  term, where the  $B_T$  term is a newly introduced soft SUSY-breaking term associated with heavy SU(2) triplets. However the  $B_T$  term affects not only the slepton  $A$  term but also the gaugino masses. We show that dominant contribution to EDMs typically comes from phases of gaugino masses in the case that only  $B_T$  is a source of CP violation. As a result, the ratios of EDMs are independent of neutrino parameters and are given by the ratios between lepton masses. We also write down the effective Lagrangian by integrating out the heavy SU(2) triplets and show that nothing affects the lepton EDMs at one-loop level, if only newly introduced Yukawa coupling  $Y_T$  is the source of CP violation.

3. Radiative B-L symmetry breaking and the  $Z'$  mediated SUSY breaking

We show that a mechanism of radiative B-L symmetry breaking can work in analogous to the radiative electroweak symmetry breaking. The breaking scale of the B-L symmetry

is related to the neutrino masses through the seesaw mechanism. On the other hand, the  $U(1)_{B-L}$  gaugino can provide all the soft masses through the mechanism of the  $Z'$ -prime mediation. Hence we find a link between the neutrino mass (more precisely the seesaw or  $B-L$  scale of order  $10^5$  GeV) and the  $Z'$ -prime mediated SUSY breaking scale. In this scheme of  $Z'$ -prime mediation, all the sfermion masses become very heavy of order  $10^5$  GeV, while the gauginos are of order the weak scale. It is also very interesting that the gluino becomes relatively light and compressed mass spectra for the gauginos can be realized in this scenario, which is very interesting in scope of the LHC.

#### 4. $B-L$ assisted anomaly mediation and the radiative $B-L$ symmetry breaking

Anomaly mediated SUSY breaking implemented in the MSSM is known to suffer from the so-called tachyonic slepton problem leading to break down of electric charge conservation. We cure the tachyonic slepton problem in AMSB by adding a contribution from the  $Z'$  mediated SUSY breaking. In the  $Z'$  mediated SUSY breaking scenario, while the scalar masses are generated at the one-loop level, gaugino masses are generated at two-loop level, so the gaugino masses are completely determined by the pure anomaly mediation itself and the characteristic signature of the present model appear in the scalar partners mass spectra. We investigate the scalar partners' mass spectra for several choices of parameters in this model.

## 博士論文の審査結果の要旨

久保毅幸君の博士論文の内容は超対称シーソー模型の現象論的な側面の研究成果をまとめたものである。超対称模型は素粒子標準模型を超える物理の有力候補として精力的に研究されており、超対称粒子の発見はLHC実験の目標の一つである。もし、LHC実験で超対称粒子が発見されたなら、そのインパクトはTeVスケールの物理に留まらず、プランクスケールや大統一スケールの物理についての手掛かりを与えてくれる可能性がある。久保君の博士論文は、ニュートリノの質量生成を高いエネルギースケールから導くシーソー機構を含むいくつかのタイプの超対称模型について、理論的な検討と実験的な帰結を論じるものである。

第一は、超対称タイプIIシーソー模型におけるレプトンの電気双極子モーメントの研究である。素粒子標準模型では電子やミュオン等の電気双極子モーメントは非常に小さいことが知られている。一方、標準模型を超える理論にCPの破れを伴う新たな相互作用が存在する場合は、これらのモーメントは現在の実験の上限値近くまで大きくなりうる。久保君は、高いエネルギースケールで新たなヒッグス場を導入することより小さなニュートリノの質量を導くタイプIIのシーソー模型について、この模型に含まれる新たなCPの破れの原因がレプトンの電気双極子モーメントにどのような影響を与えるかを理論的に解析した。その結果、先行する研究で見落とされていた寄与を考慮すると、レプトンの電気双極子モーメントの比は、良い精度でレプトンの質量の比で与えられることを指摘した。これは関連する実験の将来計画の立案に役立つ結果である。

第二の研究では、重い右巻ニュートリノを含むタイプIシーソー模型を取り上げた。この模型で特にヒッグス粒子が標準模型で得られるLEP II実験の質量の下限値より軽い場合に注目し、このシナリオが理論的、現象論的な制約のもとにまだ許されていることを示し、レプトンフレーバーの破れの過程や宇宙の暗黒物質の残存量など現象論的帰結を議論した。第三は、 $B(\text{バリオン数})-L(\text{レプトン数})$  対称性をゲージ化した超対称模型の構築の研究である。この枠組みで、超対称性の破れと、シーソー機構によるニュートリノの質量生成、 $B-L$ 対称性の破れが関連する模型を構築できることを示し、この模型に特徴的な超対称粒子の質量スペクトラムを議論した。これらの研究成果は、既に英文の学術雑誌に出版済みの3つの論文と投稿中のひとつの論文として発表されている。また、2008年6月のソウルにおけるSUSY 08会議における英語講演や国内学会で口頭発表されている。以上の研究は、高エネルギー加速器研究科、素粒子原子核専攻の博士論文として高い水準にあり、博士學位論文として十分な内容を持つと判断される。